

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-315295

(43)Date of publication of application : 06.11.2003

(51)Int.Cl.

G01N 27/02

H03K 17/955

(21)Application number : 2002-119176

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 22.04.2002

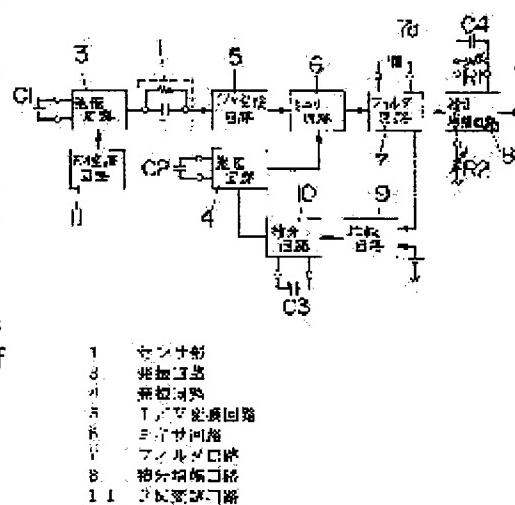
(72)Inventor : MORI HIDEO  
TAKADA YUJI

## (54) MOISTURE SENSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a moisture sensor capable of being reduced in size and cost and having an excellent noise resistance.

**SOLUTION:** A sensor section 1 has a pair of detection electrodes insulated from each other, and an output from an oscillation circuit 4 is applied to cause a current corresponding to an impedance across the electrodes to flow between the electrodes. An I/V conversion circuit 5 converts the current flowing between the electrodes into a voltage value. A mixer circuit 6 mixes an output from the circuit 5 and an output from the circuit 4, and outputs a sum frequency and a differential frequency components of a frequency of the output from the circuit 5 and a frequency of the output from the circuit 4. A filter circuit 7 detects a signal of a specified reference frequency from the output from the circuit 6, and outputs it to an integral amplifier circuit 8. An FM modulation circuit 11 modulates oscillation frequency of an oscillation circuit 3 in such a manner that a differential frequency between the frequency of the output of the circuit 5 and the frequency of the output of the circuit 4 changes within a specified range of frequencies including the reference frequency.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-315295

(P2003-315295A)

(43)公開日 平成15年11月6日(2003.11.6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 N 27/02

H 0 3 K 17/955

識別記号

F I

テ-マコ-ト(参考)

G 0 1 N 27/02

C 2 G 0 6 0

H 0 3 K 17/955

U 5 J 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願2002-119176(P2002-119176)

(22)出願日 平成14年4月22日(2002.4.22)

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72)発明者 森 秀夫

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

(72)発明者 高田 裕司

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

(74)代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

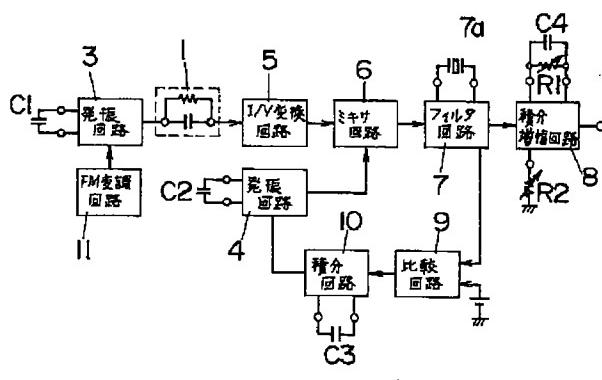
最終頁に続く

(54)【発明の名称】水分量センサ

(57)【要約】

【課題】小型化、低コスト化が可能で、耐ノイズ性の良  
好な水分量センサを提供する。

【解決手段】センサ部1は、互いに絶縁された一対の検  
出電極を具備し、発振回路4の出力が印加されて、検出  
電極間のインピーダンスに応じた電流が検出電極間に流  
れる。I/V変換回路5は検出電極間に流れる電流を電  
圧値に変換し、ミキサ回路6はI/V変換回路5の出力  
と発振回路4の出力を混合し、I/V変換回路5の出力  
の周波数と発振回路4の出力の周波数との和と差の周  
波数成分を出力する。フィルタ回路7は、ミキサ回路6  
の出力から所定の基準周波数の信号を検波し、積分增幅  
回路8に出力する。FM変調回路11は、I/V変換回路5  
の出力の周波数と発振回路4の出力の周波数との差の周  
波数が基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化す  
るように、発振回路3の発振周波数を変調する。



- 1 センサ部
- 3 発振回路
- 4 発振回路
- 5 I/V変換回路
- 6 ミキサ回路
- 7 フィルタ回路
- 8 積分増幅回路
- 11 FM変調回路

### 【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて前記検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、前記センサ部に発振出力を印加する第1の発振回路部と、前記第1の発振回路部と異なる周波数で発振する第2の発振回路部と、前記センサ部の出力と前記第2の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、前記混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、前記検波回路部の出力から前記検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、

前記第1の発振回路部の発振周波数と略等しい前記センサ部からの出力の周波数と、前記第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が、前記基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化するように、前記第1又は第2の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調させる周波数変調部を設けたことを特徴とする水分量センサ。

【請求項2】互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて前記検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、前記センサ部に発振出力を印加する第1の発振回路部と、前記第1の発振回路部と異なる周波数で発振する第2の発振回路部と、前記センサ部の出力と前記第2の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、前記混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、前記検波回路部の出力から前記検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、

前記第1の発振回路部の発振周波数と略等しい前記センサ部からの出力の周波数と、前記第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が前記基準周波数となるように、第1又は第2の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変化させる周波数可変部を設けたことを特徴とする水分量センサ。

【請求項3】前記周波数可変部は、前記中間周波数に基づいて発振周波数を変化させることを特徴とする請求項2記載の水分量センサ。

【請求項4】前記周波数可変部は、他方の発振回路部の発振周波数に基づいて、一方の発振周波数を変化させることを特徴とする請求項2記載の水分量センサ。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、検知対象物に含まれる水分量を検出する水分量センサに関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】この種の水分量センサとしては、生ごみ処理装置の処理槽内に投入された生ごみに含まれる水分量を検知するためのものが従来より提供されている。図9は検知対象物と水分量センサとの位置関係を示し、生ごみなどの検知対象物22が投入される金属製の処理槽

20に窓孔21を貫設して、窓孔21から樹脂成型品の電極ケース16を露出させており、この電極ケース16の裏面側に互いに絶縁された一対の検出電極2, 2を配設してある。この水分量センサは静電容量式のセンサであり、水が分極する物質（誘電体）である性質を利用し、検出電極2, 2間に存在する検知対象物22に含まれる水分量を、検出電極2, 2間のインピーダンス変化から検知している。

【0003】図8に従来の水分量センサのブロック図を示す。この水分量センサは、互いに絶縁された一対の検出電極2, 2を具備し、水分量に応じて検出電極2, 2の間のインピーダンスが変化するセンサ部1と、水晶振動子X1を用いて所定の周波数f1で発振し、発振出力をセンサ部1に供給する発振回路3と、水晶振動子X2を用いて所定の周波数f2(≠f1)で発振する発振回路4と、センサ部1の両検出電極2, 2間に流れる電流を電圧値に変換するI/V変換回路5と、I/V変換回路5の出力と発振回路4の出力を混合し、両者の周波数f1, f2の和と差の周波数(f1±f2)の信号を出力するミキサ回路6と、ミキサ回路6の出力からI/V変換回路5の出力の周波数f1と発振回路4の出力の周波数f2との差(f1-f2)の周波数成分の信号を検波するフィルタ回路7と、フィルタ回路7の出力を積分した後、增幅することで、検出電極2, 2間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する積分増幅回路8とから構成される。尚、図中のC4, R1, R2は積分増幅回路8の積分時定数および増幅率を調整するための外付けのコンデンサおよび抵抗である。

【0004】この水分量センサでは、発振回路4の発振出力がセンサ部1に印加されており、水分量に応じて検出電極2, 2間のインピーダンスが変化すると、検出電極2, 2間のインピーダンスに応じた電流が検出電極2, 2間に流れるので、発振回路3の発振周波数f1においてインピーダンス変化による電流値の変化をI/V変換回路5で電圧変換し、水分量を電圧値として取り出している。

【0005】なお、静電容量式の水分量センサでは検出電極2, 2間のインピーダンスが様々な変動要因により変動するため、発振回路3の発振周波数f1を、検出電極2, 2間のインピーダンスを安定に精度良く検出できるような数十MHz帯の周波数に設定してある。そのため、後段の回路で信号処理をしやすくするために、センサ部1の出力を発振回路4の発振出力と混合し、さらにフィルタ回路7で検波することで、積分増幅回路8への入力の周波数を下げている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記構成の水分量センサでは、耐ノイズ性を向上させるために、ミキサ回路6の次段に設けたフィルタ回路7の通過周波数帯域を狭帯域とする必要があり、ミキサ回路6にセラミックフィル

タ7aなどの高価な部品を使用しなければならず、コストアップの要因となっていた。

【0007】また、フィルタ回路7の通過周波数帯域が狭帯域であるから、2つの発振回路3、4の発振周波数の差を安定して高精度に制御する必要があり、そのため水晶振動子X1、X2などの高価な部品を使用しなければならず、コストアップを招いていた。

【0008】さらに、水分量センサの回路をIC化する際に水晶振動子X1、X2やセラミックフィルタ7aなどの部品は外付け部品として残るため、IC化による小型化、低コスト化といった利点が十分に得られないという問題もあった。

【0009】本発明は上記問題点に鑑みて為されたものであり、その目的とするところは、小型化、低コスト化が可能で、耐ノイズ性の良好な水分量センサを提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1の発明では、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第1の発振回路部と、第1の発振回路部と異なる周波数で発振する第2の発振回路部と、センサ部の出力と第2の発振回路部の出力を混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が、基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化するように、第1又は第2の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調させる周波数変調部を設けたことを特徴とする。

【0011】請求項2の発明では、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第1の発振回路部と、第1の発振回路部と異なる周波数で発振する第2の発振回路部と、センサ部の出力と第2の発振回路部の出力を混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が基準周波数となるように、第1又は第2の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変化させる周波数可変部を設けたことを特徴とする。

【0012】請求項3の発明では、請求項2の発明において、周波数可変部は、中間周波数に基づいて発振周波

数を変化させることを特徴とする。

【0013】請求項4の発明では、請求項2の発明において、周波数可変部は、他方の発振回路部の発振周波数に基づいて、一方の発振周波数を変化させることを特徴とする。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】(実施形態1) 図1は本実施形態の水分量センサのブロック図である。尚、基本的な構成は従来技術で説明した図8に示す水分量センサと同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0015】この水分量センサは、互いに絶縁された一対の検出電極2、2を具備し、水分量に応じて検出電極2、2間のインピーダンスが変化するセンサ部1と、コンデンサC1で発振周波数f1が決定され、その発振出力をセンサ部1に供給する第1の発振回路部としての発振回路3と、発振回路3の発振周波数を所定の周波数範囲で変調させる周波数変調部としてのFM変調回路11と、入力電圧に応じた周波数で発振するVCOのような第2の発振回路部としての発振回路4と、センサ部1を介して流れる電流を電圧値に変換するI/V変換回路5と、I/V変換回路5の出力と発振回路4の出力を混合して、両者の周波数f1、f2の和と差の周波数(f1±f2)の信号を出力する混合回路部としてのミキサ回路6と、ミキサ回路6の出力からI/V変換回路5の出力の周波数f1と発振回路4の出力の周波数f2との差(f1-f2)の周波数成分の信号を検波するための検波回路部たるフィルタ回路7と、フィルタ回路7の出力を積分した後、増幅することで、検出電極2、2間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する出力回路部としての積分増幅回路8と、フィルタ回路7を介して入力されたミキサ回路6の出力を所定の基準電圧と比較する比較回路9と、比較回路9の出力を積分して得た電圧を発振回路4に出力する積分回路10とで構成される。尚、図中のC2、C3はそれぞれ発振回路4の発振周波数を調整するためのコンデンサ、積分回路10の積分時定数を調整するためのコンデンサである。また、センサ部1の構成は従来技術で説明した図9の構成と同様であるので、その説明は省略する。

【0016】ここで、発振回路3、4の発振周波数をそれぞれf1、f2に設定し、バンドパスフィルタからなるフィルタ回路7の通過周波数帯域の中心周波数を、両発振回路3、4の発振周波数設定値の差である基準周波数Δf (=f1-f2)に設定している場合に、部品のばらつきや周囲環境の変化によって、一方または両方の発振回路3、4の発振周波数が設定値f1、f2から変化すると、2つの発振回路3、4の発振周波数の差である中間周波数が、フィルタ回路7の通過周波数帯域の中心周波数(基準周波数Δf)とずれてしまう。ここに、フィルタ回路7は外付けのセラミックフィルタ7aを用

いた高精度のもので、その通過帯域は狭帯域であるから、ミキサ回路6の出力の周波数が中心周波数（基準周波数 $\Delta f$ ）からずれると、フィルタ回路7の出力が非常に小さくなつて、水分量に応じた値が得られなくなり、誤った値を出力してしまうという問題がある。

【0017】それに対して、本実施形態ではFM変調回路11によって、両発振回路3、4の発振周波数の差が上記基準周波数 $\Delta f$ を含む一定の周波数範囲で変化するよう、発振回路3の発振周波数を変調させており、部品のばらつきや周囲環境の変化によって発振回路3、4の発振周波数が変動したとしても、変動後の発振回路3の発振周波数 $f_1'$ を変調させることで、ミキサ回路6からフィルタ回路7の中心周波数（基準周波数 $\Delta f$ ）の信号も出力されることになり、積分增幅回路8がフィルタ回路7の出力を平滑し、さらに増幅することで、水分量に応じた値を得ることができる。

【0018】例えば、発振回路3の発振周波数が $f_1$ から $f_1'$ （= $f_1 + d f_1$ ）に変動し、発振回路4の発振周波数が $f_2$ から $f_2'$ （= $f_2 + d f_2$ ）に変動した場合、変動後のミキサ回路6の出力の周波数は $f_1' \pm f_2' = (f_1 + d f_1) \pm (f_2 + d f_2)$ となり、フィルタ回路7の中心周波数 $\Delta f$ （ $f_1 - f_2$ ）から $(d f_1 - d f_2)$ だけずれることになるが、発振回路3の発振周波数を（ $\pm f_m$ ）の範囲で変調させているので、ミキサ回路6の出力の周波数も（ $\pm f_m$ ）の範囲で変化することになる。したがつて、周波数の変調幅 $f_m$ を使用条件に合わせて適宜の値に設定することで、 $(f_1' - f_2') - f_m < \Delta f < (f_1' - f_2') + f_m$ とすることことができ、ミキサ回路6からフィルタ回路7の中心周波数 $\Delta f$ の信号を出力させることができる。

【0019】このように、本実施形態では発振回路3の発振周波数を変調させることで、ミキサ回路6の出力の周波数をフィルタ回路7の中心周波数に一致させて、水分量に対応する値を得ており、従来の水分量センサに比べて、新たにFM変調回路11が必要になるが、発振回路3、4の発振周波数を高精度に制御する必要が無いかから、高精度で高価な水晶振動子X1、X2が不要になり、その結果発振回路3、4を安価に構成できる。また、本回路をIC化する際には調整用のコンデンサC1～C3をなくして、外付けの部品を無くすこともでき、従来の水分量センサに比べてより小型化、低コスト化のメリットが得られる。

【0020】また本実施形態の水分量センサでは、発振回路4、ミキサ回路6、比較回路9及び積分回路10からなる回路で、発振回路3の発振周波数が変動した場合でも、発振回路3、4の発振周波数の差が予め定めた基準周波数 $f_0$ になるように、発振回路4の発振周波数を制御している。図2は比較回路9の入力周波数に対する出力電圧の関係を、図3は発振回路4の入力電圧に対す

る出力周波数の関係をそれぞれ示しており、比較回路9では入力信号（フィルタ回路7の出力）の周波数が高くなるにつれて、その出力電圧が大きくなる。また、発振回路4では入力電圧が高くなるにつれて、その発振周波数が高くなっている。

【0021】例えば、発振回路3の発振周波数が予め設定された周波数 $f_1$ から $f_1'$ （= $f_1 - d f_1$ ）に低下した場合、ミキサ回路6の出力の周波数は $f_1' \pm f_2 = (f_1 - d f_1) \pm f_2$ となる。ここで、比較回路9ではフィルタ回路7を介して入力されたミキサ回路6の出力と基準電圧とを比較しており、発振回路3の発振周波数が $f_1$ から $f_1'$ に低下して、ミキサ回路6の出力の周波数が $(f_1 - f_2)$ から $(f_1' - f_2)$ に低下すると、比較回路9の出力がV0からV0'に低下する。そして、比較回路9の出力の変化に応じて、積分回路10の出力がV1からV1'に低下し、それに応じて、発振回路4の発振周波数が $f_2$ から $f_2'$ に低下する（図4参照）。このように、発振回路3の発振周波数が低下すると、それに応じて発振回路4の発振周波数も低下するので、発振回路3、4の発振周波数の差が略同じ値になるように、発振回路4の発振周波数を追従させることができる。また、上述とは逆に発振回路3の発振周波数が設定値 $f_1$ よりも高くなった場合、発振回路3、4の発振周波数の差が大きくなるため、比較回路9および積分回路10の出力がそれぞれ増加し、それに応じて発振回路4の発振周波数が高くなるため、発振回路3、4の発振周波数の差が略同じ値になるように、発振回路3の発振周波数を追従させることができる。

【0022】（実施形態2）図5に本実施形態の水分量センサのブロック図を示す。尚、基本的な構成は実施形態1と同様であるので、同一の構成要素には同一の符合を付して、その説明は省略する。

【0023】この水分量センサは、互いに絶縁された一对の検出電極2、2'を具備し、水分量に応じて検出電極2、2'間のインピーダンスが変化するセンサ部1と、コンデンサC1で発振周波数 $f_1$ が決定され、その発振出力をセンサ部1に供給する第1の発振回路部としての発振回路3と、入力電圧に応じた周波数で発振するVCOのような第2の発振回路部としての発振回路4と、センサ部1を介して流れる電流を電圧値に変換するI/V変換回路5と、I/V変換回路5の出力と発振回路4の出力とを混合して、両者の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の和と差の周波数（ $f_1 \pm f_2$ ）の信号を出力する混合回路部としてのミキサ回路6と、ミキサ回路6の出力からI/V変換回路5の出力の周波数 $f_1$ と発振回路4の出力の周波数 $f_2$ との差（ $f_1 - f_2$ ）の周波数成分の信号を検波して出力する検波回路部としてのローパスフィルタ（以下、LPFと略す）12と、LPF12の出力を積分した後、増幅することで、検出電極2、2'間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する出力回路部とし

ての積分増幅回路8と、ミキサ回路6の出力をL P F 1 2内のF/V変換部1 2 aで変換して得た出力と所定の基準電圧との高低を比較する比較回路9と、比較回路9の出力を積分して得た電圧を発振回路4に出力する積分回路1 0とで構成される。尚、図中のC 2, C 3, C 5はそれぞれ発振回路4の発振周波数を調整するためのコンデンサ、積分回路1 0の積分時定数を調整するためのコンデンサ、L P F 1 2の遮断周波数を設定するためのコンデンサである。また、センサ部1の構成は従来技術で説明した図9の構成と同様であるので、その説明は省略する。

【0024】図6は比較回路9の入力電圧に対する出力電圧の関係を、図3は発振回路4の入力電圧に対する出力周波数の関係をそれぞれ示しており、比較回路9ではF/V変換部1 2 aからの入力電圧が増加するにつれて、その出力電圧が高くなり、また発振回路4では入力電圧(積分回路1 0の出力)が高くなるにつれて、その発振周波数が高くなっている。尚、図6中のV aは中間周波数が(f 1 - f 2)の時のF/V変換部1 2 aの出力を示している。

【0025】ここで、部品のばらつきや周囲環境の変化によって、発振回路3の発振周波数が高くなるか又は発振回路4の発振周波数が低くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が基準周波数Δ fよりも大きくなると(すなわち比較回路9への入力電圧が増加すると)、積分回路1 0の出力電圧が増加し、それに応じて発振回路4の発振周波数が高くなるので、両者の発振周波数の差(中間周波数)を小さくできる。また、上述とは逆に発振回路3の発振周波数が低くなるか又は発振回路4の発振周波数が高くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が基準周波数Δ fよりも大きくなると(すなわち比較回路9への入力電圧が低下すると)、積分回路1 0の出力電圧が低下し、それに応じて発振回路4の発振周波数が低くなるので、両者の発振周波数の差(中間周波数)を大きくできる。ここに、比較回路9と、積分回路1 0と、F/V変換部1 2 aとで発振回路4の発振周波数を変化させる周波数可変部が構成される。

【0026】このように、本実施形態では、ミキサ回路6の出力の周波数に基づいて、発振回路3, 4の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数Δ fに一致するように、発振回路4の発振周波数を変化させることで、ミキサ回路6の出力の周波数をL P F 1 2の遮断周波数よりも低くして、水分量に対応する値を得ており、従来の水分量センサに比べて、発振回路3, 4の発振周波数を高精度に制御する必要が無いから、高精度で高価な水晶振動子X 1, X 2が不要になり、その結果発振回路3, 4を安価に構成できる。

【0027】また、実施形態1ではバンドパスフィルタからなるフィルタ回路7を用いているため、中心周波数

を高精度に設定する必要があり、その結果セラミックフィルタのような高価な部品を必要としているが、本実施形態ではL P F 1 2を用いているので、遮断周波数の設定をそれほど高精度に設定する必要がなく、したがってセラミックフィルタのような高価な部品が不要になり、低コスト化を図ることができる。また更に、本回路をIC化する際には調整用のコンデンサC 1 ~ C 5をなくして、外付けの部品を無くすこともでき、従来の水分量センサに比べてより小型化、低コスト化のメリットが得られる。

【0028】尚、本実施形態では、ミキサ回路6の出力の周波数に基づいて、発振回路3, 4の周波数の差が所定の基準周波数Δ fに一致するように、発振回路4の発振周波数を変化させているが、発振回路4の発振周波数を変化させる代わりに、ミキサ回路6の出力の周波数に基づいて、発振回路3の発振周波数を変化させるようにも良く、上述と同様の効果を得ることができる。

【0029】(実施形態3) 図7に本実施形態の水分量センサのブロック図を示す。尚、基本的な構成は実施形態2と同様であるので、同一の構成要素には同一の符合を付して、その説明は省略する。

【0030】この水分量センサは、互いに絶縁された一对の検出電極2, 2を具備し、水分量に応じて検出電極2, 2間のインピーダンスが変化するセンサ部1と、コンデンサC 1で発振周波数f 1が決定され、その発振出力をセンサ部1に供給する第1の発振回路部としての発振回路3と、入力電圧に応じた周波数で発振するVCOのような第2の発振回路部としての発振回路4と、センサ部1を介して流れる電流を電圧値に変換するI/V変換回路5と、I/V変換回路5の出力と発振回路4の出力を混合して、両者の周波数f 1, f 2の和と差の周波数(f 1 ± f 2)の信号を出力する混合回路部としてのミキサ回路6と、ミキサ回路6の出力からI/V変換回路5の出力の周波数f 1と発振回路4の出力の周波数f 2との差(f 1 - f 2)の周波数成分の信号を検波して出力する検波回路部としてのローパスフィルタ(以下、L P Fと略す)1 3と、L P F 1 3の出力を積分した後、增幅することで、検出電極2, 2間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する出力回路部としての積分増幅回路8と、発振回路3の出力と発振回路4の出力を混合して、両者の周波数f 1, f 2の和と差の周波数(f 1 ± f 2)の信号を出力するミキサ回路1 4と、ミキサ回路1 4の出力の周波数を電圧値に変換するF/V変換回路1 5と、F/V変換回路1 5の出力と基準電圧との高低を比較する比較回路9と、比較回路9の出力を積分して得た電圧を発振回路4に出力する積分回路1 0とで構成される。尚、図中のC 2, C 3, C 5はそれぞれ発振回路4の発振周波数を調整するためのコンデンサ、積分回路1 0の積分時定数を調整するためのコンデンサ、L P F 1 3の遮断周波数を設定するための

コンデンサである。また、センサ部1の構成は従来技術で説明した図9の構成と同様であるので、その説明は省略する。

【0031】実施形態2で説明したように、図6は比較回路9の入力電圧に対する出力電圧の関係を、図3は発振回路4の入力電圧に対する出力周波数の関係をそれぞれ示しており、比較回路9ではF/V変換回路15からの入力電圧が増加するにつれて、その出力電圧が高くなり、また発振回路4では入力電圧（積分回路10の出力）が高くなるにつれて、その発振周波数が高くなっている。

【0032】ここで、部品のばらつきや周囲環境の変化によって、発振回路3の発振周波数が高くなるか又は発振回路4の発振周波数が低くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数 $\Delta f$ よりも大きくなると（すなわちミキサ回路14の出力の周波数が高くなると）、F/V変換回路15の出力（比較回路9の入力）が増加して、比較回路9の出力が増加し、それに応じて積分回路10の出力が増加し、発振回路4の発振周波数が高くなるので、両者の発振周波数の差を小さくできる。また、上述とは逆に発振回路3の発振周波数が低くなるか又は発振回路4の発振周波数が高くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数 $\Delta f$ よりも小さくなると（すなわちミキサ回路14の出力の周波数が低くなると）、F/V変換回路15の出力（比較回路9の入力）が小さくなつて、比較回路9の出力が低下し、それに応じて積分回路10の出力が低下し、発振回路4の発振周波数が低くなるので、両者の発振周波数の差を大きくできる。

【0033】このように、本実施形態では、発振回路3の発振周波数に基づいて、発振回路3、4の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数 $\Delta f$ となるように、発振回路4の発振周波数を変化させることで、ミキサ回路6の出力の周波数をLPF13の遮断周波数よりも低くして、水分量に対応する値を得ており、従来の水分量センサに比べて、発振回路3、4の発振周波数を高精度に制御する必要が無いから、高精度で高価な水晶振動子X1、X2が不要になり、その結果発振回路3、4を安価に構成できる。また実施形態2では、LPF12の出力に基づいて中間周波数が所定の基準周波数 $\Delta f$ となるように発振回路4の発振周波数をある周波数からずらして、発振回路3の発振周波数に追従させており、LPF12の出力は検出する水分量に応じて変化するため、その出力が大きい時と小さい時とでは追従前の周波数が同じ場合でも追従後の周波数に誤差がでる虞があるのでに対して、本実施形態では発振回路3の発振周波数に基づいて発振周波数4の発振周波数を変化させており、発振回路3の出力の大きさは検出する水分量に関係なく一定であるから、発振周波数を追従させる際の誤差を少なくできる。

【0034】また、実施形態1ではバンドパスフィルタからなるフィルタ回路7を用いているため、中心周波数を高精度に設定する必要があり、その結果セラミックフィルタのような高価な部品を必要としているが、本実施形態ではLPF13を用いているので、遮断周波数の設定をそれほど高精度に設定する必要がなく、したがってセラミックフィルタのような高価な部品が不要になり、低コスト化を図ることができる。また更に、本回路をIC化する際には調整用のコンデンサC1～C5をなくして、外付けの部品を無くすこともでき、従来の水分量センサに比べてより小型化、低コスト化のメリットが得られる。

【0035】尚、本実施形態では、2つの発振回路3、4の内、一方の発振回路3の発振周波数に基づいて、発振回路3、4の周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数 $\Delta f$ となるように、他方の発振回路4の発振周波数を変化させているが、他方の発振回路4の発振周波数に基づいて、中間周波数が所定の基準周波数 $\Delta f$ となるように、一方の発振回路3の発振周波数を変化させるようとしても良く、上述と同様の効果を得ることができる。

### 【0036】

【発明の効果】上述のように、請求項1の発明は、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第1の発振回路部と、第1の発振回路部と異なる周波数で発振する第2の発振回路部と、センサ部の出力と第2の発振回路部の出力を混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が、基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化するように、第1又は第2の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調させる周波数変調部を設けたことを特徴とし、周波数変調部が、第1又は第2の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調することで、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数を、基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化させているので、部品のばらつきや周囲環境の変化によって発振回路部の発振周波数が変化したとしても、混合回路部から基準周波数に等しい周波数成分の信号を出力させることができ、検波回路部により水分量に対応した値を検波できるから、耐ノイズ性が向上するという効果がある。そのうえ、第1及び第2の発振回路部の発振周波数を高精度に設定する必要がないから、従来の水分量センサのように、高精度で高価な水晶振動子を使用する必要がなく、

第1及び第2の発振回路部を安価に構成でき、また水分量センサをIC化する際に水晶振動子のような外付けの部品があると、小型化のメリットが十分得られないが、水晶振動子のような外付けの部品を無くすことで、一層の小型化が図れるという効果もある。

【0037】請求項2の発明は、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第1の発振回路部と、第1の発振回路部と異なる周波数で発振する第2の発振回路部と、センサ部の出力と第2の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が基準周波数となるように、第1又は第2の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変化させる周波数可変部を設けたことを特徴とし、周波数可変部が、第1又は第2の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変調させることで、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数を基準周波数に一致させているので、部品のばらつきや周囲環境の変化によって発振回路部の発振周波数が変化したとしても、混合回路部の出力の周波数を基準周波数に一致させることができ、検波回路部により水分量に対応した値を検波できるから、耐ノイズ性が向上するという効果がある。そのうえ、第1及び第2の発振回路部の発振周波数を高精度に設定する必要がないから、従来の水分量センサのように、高精度で高価な水晶振動子を使用する必要がなく、第1及び第2の発振回路部を安価に構成でき、また水分量センサをIC化する際に水晶振動子のような外付けの部品があると、小型化のメリットが十分得られないが、水晶振動子のような外付けの部品を無くすことでも、一層の小型化が図れるという効果もある。

【0038】請求項3の発明は、請求項2の発明において、周波数可変部は、中間周波数に基づいて発振周波数

を変化させることを特徴とし、請求項2の発明と同様の効果を奏する。

【0039】請求項4の発明は、請求項2の発明において、周波数可変部は、他方の発振回路部の発振周波数に基づいて、一方の発振周波数を変化させることを特徴とし、中間周波数に基づいて発振周波数を変化させる場合、中間周波数の信号は検出する水分量に応じて大きさが変化するため、信号が大きい時と小さい時とで誤差が発生しやすいが、発振回路部の出力は検出する水分量に関係なく一定であるので、発生する誤差を小さくできるという効果もある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1の水分量センサのブロック図である。

【図2】同上に用いる比較回路の入出力特性の説明図である。

【図3】同上に用いる第2の発振回路の入出力特性の説明図である。

【図4】同上に用いる比較回路および第2の発振回路の動作を説明する説明図である。

【図5】実施形態2の水分量センサのブロック図である。

【図6】同上に用いる比較回路の入出力特性の説明図である。

【図7】実施形態3の水分量センサのブロック図である。

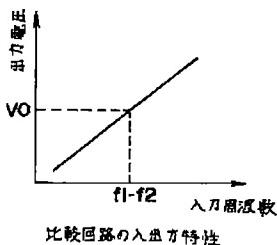
【図8】従来の水分量センサのブロック図である。

【図9】同上の水分量センサと検知対象物との位置関係を説明する説明図である。

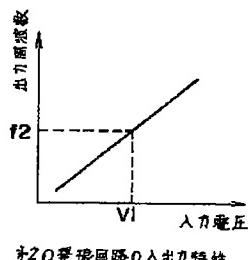
#### 【符号の説明】

- 1 センサ部
- 3 発振回路
- 4 発振回路
- 5 I/V変換回路
- 6 ミキサ回路
- 7 フィルタ回路
- 8 積分增幅回路
- 11 FM変調回路

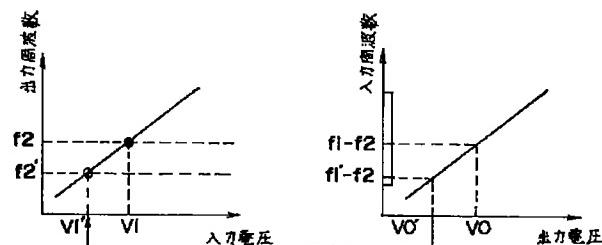
【図2】



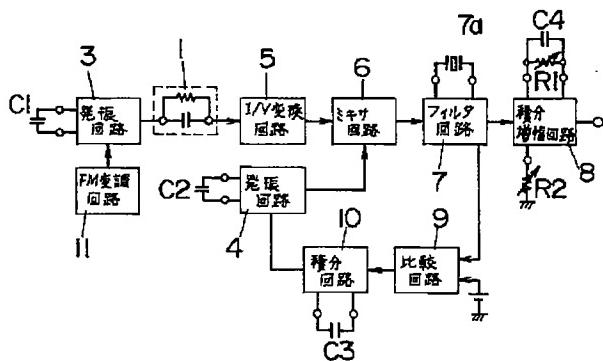
【図3】



【図4】

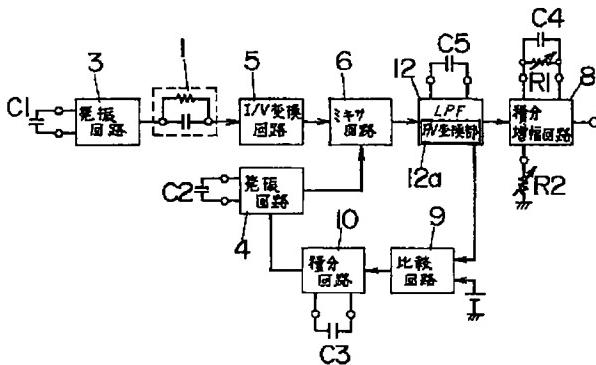


【図1】

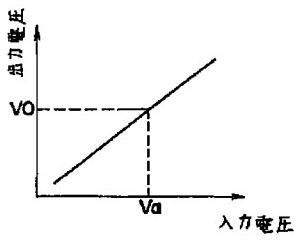


- 1 センサ部
- 3 発振回路
- 4 発振回路
- 5 I/V変換回路
- 6 ミキサ回路
- 7 フィルタ回路
- 8 積分増幅回路
- 11 FM変調回路

【図5】

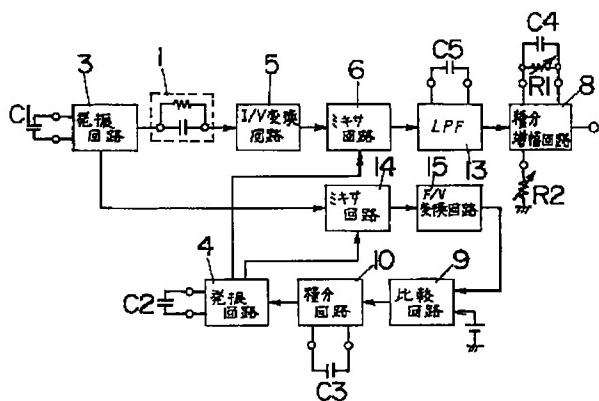


【図6】

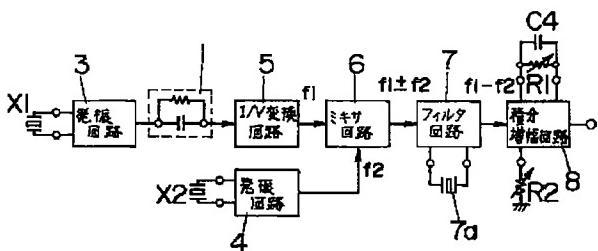


比較回路の入出力特性

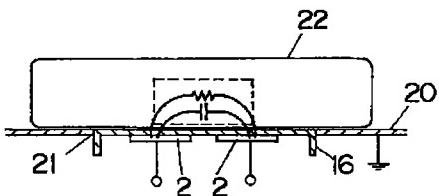
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G060 AC01 AE16 AF06 HA02 HC07  
HC10 HC12  
5J050 AA49 AA50 BB22 EE34 EE35  
EE40 FF29